

110 kt/a硫磺回收装置的设计特点与试运

雷晓虹

(中国石化洛阳石油化工工程公司, 河南洛阳, 471003)

摘要 介绍某炼油厂 110 kt/a 硫磺回收及尾气处理装置, 采用国内技术的设计特点及试生产情况。该装置为双系列硫磺回收, 溶剂再生按单系列配套; 采用两级克劳斯硫回收和加氢还原吸收尾气处理工艺。采用先进的烧氢型酸性气燃烧器, 尾气采用在线炉加热, 过程气加热器采用特殊的 U 型管换热器, 液硫采用循环脱气等技术。试生产结果表明, 装置运行稳定, 烟气 SO_2 浓度低于国家排放标准, 有效减少全厂 SO_2 排放量, 社会效益显著。

关键词 硫磺回收 尾气处理 工程设计

中图分类号: TE624.5 文献标识码: B 文章编号: 1009-9859(2010)01-0033-03

某炼油厂加工含硫 2.0% 原油 10.50 Mt/a 时, 需要配套建设规模为 110 kt/a 硫磺回收装置, 根据国外及国内其他大中型炼油厂的经验, 硫磺回收装置的规模应能适应炼油厂原油含硫变化、生产方案变化以及上游装置操作检修周期的不同等多种因素所带来的硫磺回收负荷变化。硫磺回收及尾气处理部分规模按 2 套规模均为 55 kt/a 双系列考虑, 为节省投资与占地, 尾气处理部分的溶剂再生按单系列配套。该装置于 2007 年完成设计, 2008 年 5 月投产。硫磺产品质量达到国家一等品标准。该装置的投产成功, 对该炼油厂的建设, 回收硫磺资源, 减少大气污染, 起到了重要作用。

1 工艺流程

1.1 对含氨酸性气的处理

该装置硫磺回收酸性气的来源为溶剂再生来的再生酸性气和自酸性水汽提的含氨酸性气, 其中含氨酸性气约占总进料酸性气量 (Φ) 的 9%~12%。为了保证燃烧炉出口过程气中的氨含量小于 $50 \mu\text{g/g}$ 采用了高强度燃烧器, 具有特殊烧氨结构, 能在燃烧器及燃烧炉的设计范围内将混合含氨酸性气完全燃烧。

设计中将再生酸性气用 1.0 MPa 蒸汽进行预热后与含氨酸性气混合进入燃烧器以避免因温度降低出现铵盐结晶。2 套硫磺回收装置分别采用了进口燃烧器和国产燃烧器。运行结果表明, 酸

性气燃烧炉炉膛温度分别为 $1340 \sim 1308^\circ\text{C}$, 燃烧器具有较高的调节能力, 有自动点火、火焰检测及熄火自动保护等功能, 能在现场及在中控室实现燃烧器自动点火, 2 台燃烧器均达到了设计效果。这也是首次采用国产燃烧器处理含氨酸性气应用于中大型硫磺回收装置实例。

1.2 加氢还原吸收工艺

硫磺回收采用两级克劳斯工艺, 尾气处理采用加氢还原吸收工艺, 尾气采用加热炉进行加热的方式, 通过控制加热炉的配风量产生尾气加氢所需的还原气和/或外补氢气作为加氢反应的氢源。尾气吸收采用具有选择性的甲基二乙醇胺 (MDEA) 溶剂, 2 套尾气处理的吸收富液共用 1 套溶剂再生。吸收塔顶出来的尾气进入焚烧炉进行热焚烧, 焚烧炉烟道气经中压蒸汽过热器和废热锅炉冷却后共用 120 m 烟囱排空。

1.3 过程气的加热方式

过程气的再热方式有很多种, 如间接加热法、热气旁通法、再热炉加热法等。本设计采用了用自产中压蒸汽进行加热的间接加热方式, 该方式与高温掺合法 (属于热气旁通法的一种) 相比, 在进料酸性气 H_2S 含量相同的情况下, 两级转化克

收稿日期: 2010-03-09

作者简介: 雷晓虹 (1960-), 女, 高级工程师。1982 年毕业于西南石油大学, 长期从事硫磺回收、石油产品精制、脱硫、酸性水汽提及碱渣处理等工艺环保装置工程设计工作。电话: 020-22192808, E-mail: leixh@hcc.com.cn

劳斯装置可能达到的最大回收率要提高 0.2% ~ 0.3%。

1.4 尾气的再热方式

目前国内对于较小规模的硫磺回收多采用气—气换热法(包括与加氢反应器的出口尾气换热以及与焚烧炉出口烟气换热),对于规模较大的硫磺回收,若仍采用气—气换热的方式,由于传热介质为气相,操作压力低,传热系数很小,气—气换热器需要的面积大,管线布置较复杂;同时过程气中含 H_2S 、 SO_2 等腐蚀性介质,对设备材质要求高,使得投资及占地面积均较大;采用在线加热炉方式时,具有升温快,易于操作控制,能够满足加氢反应器要求的入口温度等优点,缺点是燃料气燃烧产生的烟气与 Claus 尾气混合后,使尾气量增加了约 8% ~ 10%,造成加氢反应器、急冷塔、吸收塔等部分设备略有增大,其次由于炼油厂燃料气管网存在着组成波动大,压力波动大的情况,配风要求严格,配风过量造成氧过剩引起催化剂失活或配风不足而生成炭黑,控制系统比较复杂。

国内某些引进技术的大型硫磺回收装置采用了管式加热炉的加热方式,该方案解决了在线加热炉方式所造成的燃料气燃烧产生的烟气与 Claus 尾气混合后使尾气量增加的缺点,燃料气配风控制方案也得以简化,但对设备炉管的材质要求更高,投资及占地面积也较大。

对于单系列规模为 55 kt/a 的硫磺回收来说,装置规模适中,通过对技术方案、投资、占地等因素进行综合比较后,最终采用了在线加热炉方式。通过采用燃料气密度在线分析仪,可以较好地解决工厂燃料气组成波动对操作影响的问题。

1.5 液硫脱气

硫磺回收生产的液硫中一般含有 300 ~ 400 $\mu g/g$ 的 H_2S 。液硫脱气工艺技术有循环脱气、SHELL 脱气、BP/AMOCO 脱气等方法。设计时考虑到液硫量适中,采用了循环脱气技术,脱气后液硫中含 H_2S 量不大于 50 $\mu g/g$ 。

1.6 废热锅炉底部液硫出口设置硫封器

酸性气燃烧炉出口高温过程气通过废热锅炉发生蒸汽,过程气被冷却,出口温度一般在 300 ~ 350 $^{\circ}C$ 。考虑到装置试运中操作负荷较低,在开工初期,废热锅炉过程气出口温度有时只能达到 240 ~ 250 $^{\circ}C$ 。设计中在废热锅炉底部液硫出口设

置硫封器,即使当低负荷工况废热锅炉底部出现液硫时,也能及时将液硫排出而避免了设备堵塞的情况。

2 主要设备

2.1 设备设计压力

设计中考虑了当装置因事故原因导致燃烧炉内发生闪爆时,炉体的设计能够承受其压力而不发生设备变形,确保事故状态时不会发生酸性气泄露情况,对酸性气燃烧炉设计压力为 0.5 MPa,最大限度的保障了操作人员的人身安全。

2.2 硫冷凝器

该装置设计一、二级冷凝器传热系数正常工况为 60 ~ 65 $W/(m^2 \cdot K)$,三级冷凝器为 50 ~ 55 $W/(m^2 \cdot K)$,高于以往国内设计传热系数 45 ~ 50 $W/(m^2 \cdot K)$,过程气侧压降不大于 2 kPa,减小了设备尺寸,降低了投资。

为了防止液硫滞留在管箱底部,在入口和出口管箱底部均设有耐热垫层,垫层高度和最下层管束底部高度相同。此外,出口管箱设有低压蒸汽盘管保温。

2.3 过程气加热器

该装置设计采用的是中压蒸汽加热过程气的方式,过程气通过壳程,蒸汽通过管程将过程气进行加热,采用了特殊结构的 U 型管换热器,避免了出现设备内漏的情况,同时壳程的压降最大仅为 1.5 kPa。装置试运中过程气出口温度及设备压降均达到了设计要求。

2.4 吸收塔

经过急冷塔冷却后的尾气在吸收塔中与 MDEA 溶剂进行逆流接触,尾气中的 H_2S 和部分 CO_2 被溶剂吸收。为适应不同负荷下吸收塔能正常操作,设计采用不锈钢散堆填料塔。此外为尽量减少离开吸收塔的尾气带液,在吸收塔的顶部设有尾气分液罐与吸收塔重叠布置,收到了较好的效果。

3 自动控制

除采用 DCS 集散控制系统及常规的控制回路外,本设计在自动控制方面主要有以下改进。

3.1 设置独立的安全仪表系统(SIS)

主要包括以下开工及正常生产的安全连锁功能:①酸性气燃烧炉停车系统;②燃烧炉鼓风机停

车系统; ③尾气焚烧炉停车系统; ④尾气焚烧炉中压蒸汽过热器停车系统; ⑤尾气焚烧炉鼓风机停车系统。

3.2 酸性气燃烧采用有效的配风控制方案

进酸性气燃烧炉的酸性气与空气进行比值控制; 设计中将再生酸性气和含氨酸性气流量相加后的信号做为主配风流量调节器的给定信号, 以控制参加反应的空气量。在 Claus 尾气管线上设置 H_2S 与 SO_2 比值分析仪, 其输出信号作为微量空气调节器的给定信号, 及时校正反应所需的空气量; 酸性气燃烧炉鼓风机采用典型的反喘振控制。

3.3 废热锅炉采用三冲量控制系统

为保证废热锅炉安全可靠地运行, 取汽包液位、蒸汽流量、给水流量 3 个变量构成汽包液位三冲量控制系统, 以及时补偿蒸汽量对水位的干扰, 克服假液位, 从而维持汽包液位稳定。

4 平面设计

该装置与以往国内硫磺回收平面布置不同的是, 由于工艺流程中在废热锅炉出口增加了硫封器, 平面布置中所有硫封器均布置在地下硫池旁, 硫冷凝器及反应器则由以往分别布置在第二、三层平台上改为布置在地面和第二层平台上, 使整个构架高度降低, 便于操作。

平面布置充分考虑了中大型硫磺回收装置的特点, 在反应器催化剂的装填中, 设计考虑留有操作装填空间及催化剂的吊装设施, 在硫池的平面位置旁留有液硫泵的检修吊装空间及通道, 以方便机械设备进出装置。

5 试生产结果

2008 年 5 月, 2 个系列硫磺回收装置同时并行, 投料开工投产。生产的硫磺产品达到国家一等品质量, 其烟气 SO_2 排放浓度为 680 mg/m^3 , 低

于国家排放标准 960 mg/m^3 。开工初期由于工厂酸性气量不足, 负荷达到设计值的 35% ~ 60%。主要操作数据及与设计值对比见表 1。从操作数据来看, 主要操作条件均在设计范围内, 装置的工艺及工程设计是成功的。

表 1 主要操作数据

项目	操作数据		设计数据
	系列一	系列二	
酸性气量 (标准态) / $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	2 331	3 732	6 704
酸性气浓度, %	80~ 85	80~ 85	77
主燃烧炉炉膛温度 / $^{\circ}\text{C}$	1 308	1 340. 7	1 235. 4
硫冷凝器温度 / $^{\circ}\text{C}$			
一级入口	249. 6	244	350
一级出口	141. 8	146. 1	170
二级入口	298. 5	308	286. 8
二级出口	144. 6	144. 8	160
三级入口	218. 3	219	235. 1
三级出口	145. 4	144. 8	158
反应器温度 / $^{\circ}\text{C}$			
一级入口	229. 1	— (仪表故障)	240
一级出口	298. 5	308	286. 8
二级入口	212. 2	208. 8	220
二级出口	218. 3	219	235. 1
焚烧炉炉膛温度 / $^{\circ}\text{C}$	609	610	750
烟气温度 / $^{\circ}\text{C}$	309	310	350
硫磺产品质量			
硫磺纯度, %	99. 9	99. 9	99. 9
颜色	亮黄色	亮黄色	亮黄色

6 结束语

(1) 在硫磺回收装置的设计过程中, 从工艺方案的选择, 到确定设备的设计压力、设计温度, 反应器以及硫冷凝器设备的布置形式等与以往国内设计有了较大的改进。

(2) 该装置顺利投产, 可以将该炼油厂原油含硫量提高到 2. 0%, 降低了原油采购成本, 减少了全厂 SO_2 排放量, 企业的环保状况得到较大改善, 社会效益显著。

DESIGN CHARACTERISTIC AND TEST RUNNING OF 110 kt/a
SULFUR RECOVERY PLANT

Lei Xiaohong

(SINOPEC Luoyang Petrochemical Engineering Company, Luoyang, Henan, 471003)

Abstract Described the characteristic of domestic design technology and trial production

(下转第 42 页)

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF ENERGY – SAVING & ENVIRONMENT FRIENDLY EMULSIFICATION TECHNOLOGY FOR HEAVY OIL

Xu Xiaobin¹, Zhou Zhongguo¹, Xu Jinshan¹, Wang Kaixiao², Lin Jian¹

(1 Research Institute of Qilu Branch Co., SINOPEC, Zibo, Shandong 255400

2 CNOOC Zhongjie Petrochemical Co., Ltd., Cangzhou, Hebei 061101)

Abstract Energy-saving & environment friendly emulsifier was made by mixing and formulating numerous kinds of emulsifiers and the influences of process conditions on emulsification efficiency were investigated. The results showed that optimization process conditions involving amount of water addition by 13%, amount of emulsifier addition by 0.5%, emulsification temperature at 80 °C, emulsification time for 30 min. The emulsified heavy oil with high stability and heat value was obtained under the optimization emulsification conditions, which has good application prospect.

Key words emulsifier; energy-saving & environment friendly; emulsified heavy oil

(上接第 35 页)

of 110 kt/a sulfur recovery equipped with tail gas treatment plant in a refinery. The sulfur recovery plant used double series sulfur recovery and the solvent regeneration system was configured by single series, and the process adopted two-stage Claus sulfur recovery and hydrogenation reduction absorbing tail gas technology, which involved advanced ammonia-burning type acid gas burner, on-line furnace heating tail gas, process gas heater adopting special U-tubes heat exchanger, liquid sulfur was treated by cyclic degassing skill. Tail production result of the sulfur recovery plant indicated that the plant possessed stable operation, fume concentration of SO₂ was under state standard of effluent discharge, and SO₂ emission amount of the overall plant was efficiently reduced and the social benefit was significant.

Key words sulfur recovery; tail gas treatment; engineering design

金属催化机理研究进展

中国科学院大连化物所日前与美国研究机构合作,在过渡金属催化反应机理的研究方面取得了重要进展。

双方在氮杂环卡宾研究的基础上,活化合成了系列新的化合物,首次提出了全新的水分子辅助的质子接力机理完成 1,3-氢迁移过程。研究表明,可以通过各种因素如溶剂、阴离子、配体等控制反应体系中反应物的比例,从而针对有机反应设计出相对应的催化体系。

(宋晓军摘自《中国化工报》)